




# MULTIPLE ACCESS METHOD AND RADIO EQUIPMENT UTILIZING THE SAME

**Patent number:** JP2004222241  
**Publication date:** 2004-08-05  
**Inventor:** NAKAO SHIYOUGO; DOI YOSHIHARU  
**Applicant:** SANYO ELECTRIC CO LTD  
**Classification:**  
 - international: H04J15/00; H04Q7/38  
 - european:  
**Application number:** JP20030377902 20031107  
**Priority number(s):**

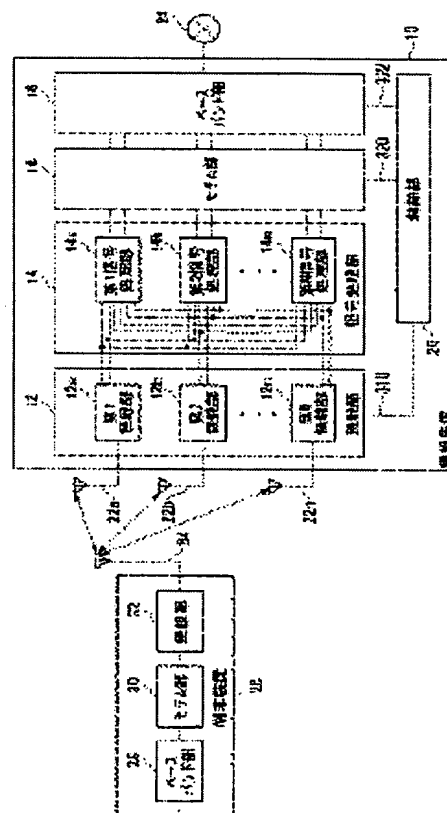
Also published as:

 EP1434452 (A1)  
 US2004137906 (A)  
 CN1512699 (A)

Report a data error he

## Abstract of JP2004222241

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce deterioration due to interference caused by SDMA even in high-speed data transmission.  
**SOLUTION:** N pieces of antennas 22 perform a transmission/reception processing of signals of a radio frequency. A radio unit 12 performs a frequency translation processing between a baseband signal and the radio frequency signal, an amplification processing, an A/D or D/A conversion processing and the like. A signal processing unit 14 performs a signal processing necessary for the transmission/reception processing by adaptive array antennas. A modem unit 16 performs modulation/demodulation processing. A baseband unit 18 serves as interface with a network 24. A control unit 20 controls timings, channel allocation of the radio unit 12, the signal processing unit 14, the model unit 16 and the baseband unit 18.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-222241

(P2004-222241A)

(43) 公開日 平成16年8月5日(2004.8.5)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H04J 15/00

H04Q 7/38

F I

H04J 15/00

H04B 7/26 109N

テーマコード(参考)

5K022

5K067

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2003-377902 (P2003-377902)  
 (22) 出願日 平成15年11月7日 (2003.11.7)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-379836 (P2002-379836)  
 (32) 優先日 平成14年12月27日 (2002.12.27)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001889  
 三洋電機株式会社  
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号  
 (74) 代理人 100105924  
 弁理士 森下 賢樹  
 (72) 発明者 中尾 正悟  
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三  
 洋電機株式会社内  
 (72) 発明者 土居 義晴  
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三  
 洋電機株式会社内  
 Fターム(参考) 5K022 FF00  
 5K067 AA23 BB21 CC04 CC10 EE02  
 EE10 EE46 EE63 JJ11 KK03

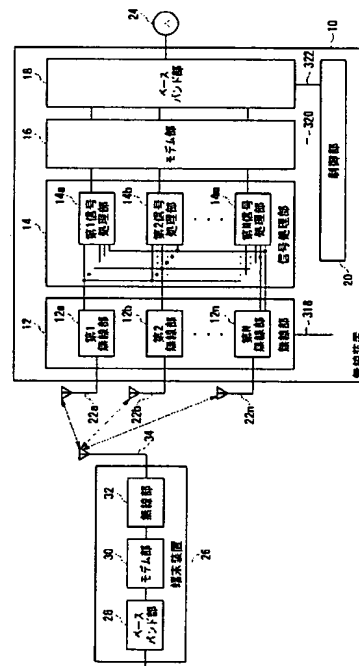
(54) 【発明の名称】 多重接続方法およびそれを利用した無線装置

(57) 【要約】

【課題】 高速データ伝送においても、S DMAに起因した干渉による劣化を低減する。

【解決手段】 N個のアンテナ22は、無線周波数の信号を送受信処理する。無線部12は、ベースバンドの信号と無線周波数の信号間の周波数変換処理、増幅処理、ADまたはDA変換処理等を行う。信号処理部14は、アダプティブアレイアンテナによる送受信処理に必要な信号処理を行う。モデム部16は、変調処理と復調処理を行う。ベースバンド部18は、ネットワーク24とのインターフェースである。制御部20は、無線部12、信号処理部14、モデム部16、ベースバンド部18のタイミングやチャネル配置を制御する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対して、チャネルをそれぞれ割り当てる制御部と、

それぞれのチャネルに割り当てられた端末装置に対して、データ伝送処理を行う信号処理部とを含み、

前記制御部は、空間の分割をもとにした端末装置の接続許可数を、端末装置のデータ伝送速度に応じて決定することを特徴とする無線装置。

## 【請求項2】

前記制御部は、端末装置のデータ伝送速度が高くなれば、前記接続許可数が小さくなるように決定することを特徴とする請求項1に記載の無線装置。

## 【請求項3】

空間以外の多重化要素をさらに分割して設けられた複数のスロット内に、複数の端末装置をそれぞれ割り当てた複数のチャネルが配置されており、

前記制御部は、

所定の端末装置のデータ伝送速度を変化させる要求を入力する入力部と、

前記要求の対象となる端末装置のデータ伝送速度を変化させた場合においても、それぞれのスロット内に配置されるチャネルの数が前記接続許可数以下となるように、異なるスロット間でチャネルを再配置し、前記要求の対象となる端末装置のデータ伝送速度の変化を指示するチャネル配置部と、

を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の無線装置。

## 【請求項4】

空間以外の多重化要素をさらに分割して設けられた複数のスロット内に、複数の端末装置をそれぞれ割り当てた複数のチャネルが配置されており、

前記制御部は、

それぞれのスロット内に配置されるチャネルの数を前記接続許可数以下にしつつ、異なるスロット間でチャネルの数が不均一となるように、異なるスロット間でチャネルを再配置するチャネル配置部と、

を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の無線装置。

## 【請求項5】

前記信号処理部は、端末装置からの受信信号より受信応答特性を計算し、

前記制御部は、

空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対応するそれぞれの受信応答特性間の相関値を計算する相関計算部と、

前記相関値がしきい値より小さい場合には、前記複数の端末装置を空間の分割によって、前記接続許可数以下の範囲で多重接続し、前記相関値がしきい値より大きい場合には、前記複数の端末装置を空間以外の多重化要素の分割によって多重接続するチャネル配置部と、

を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の無線装置。

## 【請求項6】

空間の分割によって基地局装置に多重接続させる端末装置の最大数を、端末装置のデータ伝送速度に応じて決定することを特徴とする多重接続方法。

## 【請求項7】

空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対して、チャネルをそれぞれ割り当てるステップと、

それぞれのチャネルに割り当てられた端末装置に対して、データ伝送処理を行うステップとを含み、

前記チャネルをそれぞれ割り当てるステップは、空間の分割をもとにした端末装置の接続許可数を、端末装置のデータ伝送速度に応じて決定することをコンピュータに実行させるためのプログラム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 8】

所定の端末装置に対して、空間を分割した複数のチャネルをそれぞれ割り当てる制御部と、

前記端末装置に対して、データ伝送処理を行う信号処理部とを含み、

前記制御部は、前記端末装置に割り当てるべきチャネルの設定数を、前記端末装置のデータ伝送速度に応じて決定することを特徴とする無線装置。

## 【請求項 9】

前記制御部は、前記端末装置に割り当てたチャネル単位のデータ伝送速度が高くなれば、前記設定数が小さくなるように決定することを特徴とする請求項 8 に記載の無線装置。

## 【請求項 10】

空間以外のチャネル割当て要素をさらに分割して設けられた複数の帯域内に、前記端末装置に割り当てた複数のチャネルがそれぞれ配置されており、

前記制御部は、

前記端末装置のデータ伝送速度の変更を決定する決定部と、

前記端末装置のデータ伝送速度を変更した場合においても、それぞれの帯域内に配置されるチャネルの数が前記設定数以下となるように、異なる帯域間でチャネルを再配置するチャネル配置部と、

を含むことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の無線装置。

## 【請求項 11】

空間以外のチャネル割当て要素をさらに分割して設けられた複数の帯域内に、前記端末装置に割り当てた複数のチャネルがそれぞれ配置されており、

前記制御部は、

それぞれの帯域内に配置されるチャネルの数を前記設定数以下にしつつ、異なる帯域間でのチャネルの数が不均一となるように、異なる帯域間でチャネルを再配置するチャネル配置部と、

を含むことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の無線装置。

## 【請求項 12】

前記信号処理部は、端末装置からの受信信号にもとづいて受信応答特性を計算し、

前記制御部は、

空間を分割した複数のチャネルにそれぞれ対応した受信応答特性間の相関値を計算する相関計算部と、

前記相関値がしきい値より小さい場合には、前記端末装置に対して空間を分割した複数のチャネルをそれぞれ割当て、前記相関値がしきい値より大きい場合には、前記端末装置に対して空間以外のチャネル割当て要素にもとづいたチャネルを割り当てるチャネル配置部と、

を含むことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の無線装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は多重接続技術およびそれを利用した無線技術に関する。特に空間の分割によって複数の端末装置を多重接続するための、多重接続方法およびそれを利用した無線装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

ワイヤレス通信において、周波数資源の有効利用を図るべく、周波数分割多重接続 (Frequency Division Multiple Access: FDMA)、時間分割多重接続 (Time Division Multiple Access: TDMA)、符号分割多重接続 (Code Division Multiple Access: CDMA) を含む多重接続技術が、実施されている。近年の携帯電話機の普及等によって、一般に、周波数利用効率の更なる向上が望ましく、その解決策のひとつとして

10

20

30

40

50

、空間分割多重接続 (Space Division Multiple Access : SDMA) やパス分割多重接続 (Path Division Multiple Access : PDMA) といわれる新たな多重接続技術が検討されている。

【0003】

SDMAは、無線基地局装置において、例えば、同一周波数におけるひとつのタイムスロットを空間的に複数に分割して、分割した空間ごとに割り当てたユーザ端末装置との間でデータを伝送する。それぞれのユーザ端末装置に関する信号は、一般に、無線基地局装置に設けられたアダプティブアレイアンテナなどの相互干渉除去装置を用いて互いに分離される (例えば、特許文献1参照)。アダプティブアレイアンテナは、複数のアンテナで受信した信号を、伝搬環境に応じたウェイトベクトルでそれぞれ重み付けして合成し、所望のユーザ端末装置に関する信号を出力する。

10

【特許文献1】特開平11-313364号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ユーザ端末装置に対するデータの占有周波数帯幅を同等にしつつ、データ伝送品質を低下させないで、データ伝送速度を高めるための技術としては、フェージング等による伝搬環境の変化に応じて、例えばQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) や16QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation) の変調方式、誤り訂正の符号化率で規定されるデータ伝送速度を変更する適応変調技術が有効であり、TDMA等への適用が検討されている。この適応変調技術をSDMAに適用した場合、アダプティブアレイアンテナによる空間の分割が不十分になると、複数のユーザ端末装置間で干渉を生じ、その干渉のために、無線基地局装置に高い伝送速度で接続されているユーザ端末装置のデータ伝送品質が特に劣化する。

20

【0005】

本発明者はこうした状況を認識して、本発明をなしたものであり、その目的はSDMAにおける、データ伝送速度の高い端末装置のデータ伝送品質の劣化を低減する多重接続方法およびそれを利用した無線装置を提供することである。また、SDMAに起因するデータ伝送品質の劣化を低減しつつ、端末装置のデータ伝送速度を増減させる多重接続方法およびそれを利用した無線装置を提供することである。また、高いデータ伝送速度での接続を要求する端末装置の接続可能性を向上させる多重接続方法およびそれを利用した無線装置を提供することである。また、SDMAに起因するデータ伝送品質の劣化が大きい場合における多重接続方法およびそれを利用した無線装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のある態様は、無線装置である。この装置は、空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対して、チャネルをそれぞれ割り当てる制御部と、それぞれのチャネルに割り当てられた端末装置に対して、データ伝送処理を行う信号処理部とを含む。この装置において、制御部は、空間の分割をもとにした端末装置の接続許可数を、端末装置のデータ伝送速度に応じて決定してもよい。

40

「接続許可数」とは、無線装置が接続を許可する端末装置の数、特に最大数を意味する。

制御部は、端末装置のデータ伝送速度が高くなれば、接続許可数が小さくなるように決定してもよい。

【0007】

空間以外の多重化要素をさらに分割して設けられた複数のスロット内に、複数の端末装置をそれぞれ割り当てた複数のチャネルが配置されており、制御部は、所定の端末装置のデータ伝送速度を変化させる要求を入力する入力部と、要求の対象となる端末装置のデータ伝送速度を変化させた場合においても、それぞれのスロット内に配置されるチャネルの数が接続許可数以下となるように、異なるスロット間でチャネルを再配置し、要求の対象と

50

なる端末装置のデータ伝送速度の変化を指示するチャンネル配置部とを含んでもよい。

【0008】

空間以外の多重化要素をさらに分割して設けられた複数のスロット内に、複数の端末装置をそれぞれ割当てた複数のチャンネルが配置されており、制御部は、それぞれのスロット内に配置されるチャンネルの数を接続許可数以下にしつつ、異なるスロット間でチャンネルの数が不均一となるように、異なるスロット間でチャンネルを再配置するチャンネル配置部とを含んでもよい。

「チャンネルの数が不均一」とは、配置されたチャンネルの数がスロット間で異なる場合のほか、配置されたチャンネルの数から計算されたデータ伝送速度がスロット間で異なる場合も含むものとする。

【0009】

信号処理部は、端末装置からの受信信号より受信応答特性を計算し、制御部は、空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対応するそれぞれの受信応答特性間の相関値を計算する相関計算部と、相関値がしきい値より小さい場合には、複数の端末装置を空間の分割によって、接続許可数以下の範囲で多重接続し、相関値がしきい値より大きい場合には、複数の端末装置を空間以外の多重化要素の分割によって多重接続するチャンネル配置部とを含んでもよい。

「応答特性」には、応答特性を複素共役変換したものや、応答特性を線形変換したものなどの所定の規則にもとづいて変換したものも含み、さらにウェイトベクトルのような重み係数も含むものとする。

【0010】

以上の装置により、データ伝送速度に応じて、空間の分割によって多重化される接続許可数を決定し、決定された接続許可数をもとにチャンネル配置を行うため、干渉によるデータ伝送品質の劣化を軽減できる。

【0011】

本発明の別の態様は、多重接続方法である。この方法は、空間の分割によって基地局装置に多重接続させる端末装置の最大数を、端末装置のデータ伝送速度に応じて決定する。

本発明のさらに別の態様も、多重接続方法である。この方法は、空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対して、チャンネルをそれぞれ割当てるステップと、それぞれのチャンネルに割当てられた端末装置に対して、データ伝送処理を行うステップとを含む。この方法において、チャンネルをそれぞれ割当てるステップは、空間の分割をもとにした端末装置の接続許可数を、端末装置のデータ伝送速度に応じて決定してもよい。

【0012】

チャンネルをそれぞれ割当てるステップは、端末装置のデータ伝送速度が高くなれば、接続許可数が小さくなるように決定してもよい。

空間以外の多重化要素をさらに分割して設けられた複数のスロット内に、複数の端末装置をそれぞれ割当てた複数のチャンネルが配置されており、チャンネルをそれぞれ割当てるステップは、所定の端末装置のデータ伝送速度を変化させる要求を入力するステップと、要求の対象となる端末装置のデータ伝送速度を変化させた場合においても、それぞれのスロット内に配置されるチャンネルの数が接続許可数以下となるように、異なるスロット間でチャンネルを再配置し、要求の対象となる端末装置のデータ伝送速度の変化を指示するステップとを含んでもよい。

【0013】

空間以外の多重化要素をさらに分割して設けられた複数のスロット内に、複数の端末装置をそれぞれ割当てた複数のチャンネルが配置されており、チャンネルをそれぞれ割当てるステップは、それぞれのスロット内に配置されるチャンネルの数を接続許可数以下にしつつ、異なるスロット間でチャンネルの数が不均一となるように、異なるスロット間でチャンネルを再配置するステップとを含んでもよい。

【0014】

データ伝送処理を行うステップは、端末装置からの受信信号より受信応答特性を計算し

10

20

30

40

50

、チャンネルをそれぞれ割り当てるステップは、空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対応するそれぞれの受信応答特性間の相関値を計算するステップと、相関値がしきい値より小さい場合には、複数の端末装置を空間の分割によって、接続許可数以下の範囲で多重接続し、相関値がしきい値より大きい場合には、複数の端末装置を空間以外の多重化要素の分割によって多重接続するステップとを含んでもよい。

【0015】

本発明のさらに別の態様は、プログラムである。このプログラムは、空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対して、チャンネルをそれぞれ割り当てるステップと、それぞれのチャンネルに割り当てられた端末装置に対して、データ伝送処理を行うステップとを含む。このプログラムにおいて、チャンネルをそれぞれ割り当てるステップは、空間の分割をもとにした端末装置の接続許可数を、端末装置のデータ伝送速度に応じて決定する。

チャンネルをそれぞれ割り当てるステップは、端末装置のデータ伝送速度が高くなれば、接続許可数が小さくなるように決定してもよい。

【0016】

空間以外の多重化要素をさらに分割して設けられた複数のスロット内に、複数の端末装置をそれぞれ割り当てた複数のチャンネルが配置されており、チャンネルをそれぞれ割り当てるステップは、所定の端末装置のデータ伝送速度を変化させる要求を入力するステップと、要求の対象となる端末装置のデータ伝送速度を変化させた場合においても、それぞれのスロット内に配置されるチャンネルの数が接続許可数以下となるように、異なるスロット間でチャンネルを再配置し、要求の対象となる端末装置のデータ伝送速度の変化を指示するステップとを含んでもよい。

【0017】

空間以外の多重化要素をさらに分割して設けられた複数のスロット内に、複数の端末装置をそれぞれ割り当てた複数のチャンネルが配置されており、チャンネルをそれぞれ割り当てるステップは、それぞれのスロット内に配置されるチャンネルの数を接続許可数以下にしつつ、異なるスロット間でチャンネルの数が不均一となるように、異なるスロット間でチャンネルを再配置するステップとを含んでもよい。

【0018】

データ伝送処理を行うステップは、端末装置からの受信信号より受信応答特性を計算し、チャンネルをそれぞれ割り当てるステップは、空間の分割によって多重接続すべき複数の端末装置に対応するそれぞれの受信応答特性間の相関値を計算するステップと、相関値がしきい値より小さい場合には、複数の端末装置を空間の分割によって、接続許可数以下の範囲で多重接続し、相関値がしきい値より大きい場合には、複数の端末装置を空間以外の多重化要素の分割によって多重接続するステップとを含んでもよい。

【0019】

本発明のさらに別の態様は、無線装置である。この装置は、所定の端末装置に対して、空間を分割した複数のチャンネルをそれぞれ割り当てる制御部と、端末装置に対して、データ伝送処理を行う信号処理部とを含む。この装置において、制御部は、端末装置に割り当てべきチャンネルの設定数を、端末装置のデータ伝送速度に応じて決定してもよい。

「設定数」とは、無線装置に割り当てるチャンネル数、特に最大数を意味する。

以上の装置により、チャンネル単位のデータ伝送速度に応じて、空間の分割によって割り当てられるチャンネルの設定数を決定するため、干渉によるデータ伝送品質の劣化を軽減できる。

【0020】

制御部は、端末装置に割り当てたチャンネル単位のデータ伝送速度が高くなれば、設定数が小さくなるように決定してもよい。空間以外のチャンネル割り当て要素をさらに分割して設けられた複数の帯域内に、端末装置に割り当てた複数のチャンネルがそれぞれ配置されており、制御部は、端末装置のデータ伝送速度の変更を決定する決定部と、端末装置のデータ伝送速度を変更した場合においても、それぞれの帯域内に配置されるチャンネルの数が設定数以下となるように、異なる帯域間でチャンネルを再配置するチャンネル配置部とを含んでもよい



## 【0021】

「帯域」とは、「チャネル」と同様に、基地局装置と端末装置などの無線装置間で通信を行うために設定される無線通信路のことをいい、具体的には、FDMA(Frequency Division Multiple Access)の場合は特定の周波数帯域を指し、TDMA(Time Division Multiple Access)の場合は特定のタイムスロットまたはスロットを指し、CDMA(Code Division Multiple Access)の場合は特定の符号系列を指す。

「空間以外のチャネル割当て要素」は、FDMAに対応した周波数、TDMAに対応した時間などを含み、さらにCSMAに対応してもよい。

10

## 【0022】

空間以外のチャネル割当て要素をさらに分割して設けられた複数の帯域内に、端末装置に割当てた複数のチャネルがそれぞれ配置されており、制御部は、それぞれの帯域内に配置されるチャネルの数を設定数以下にしつつ、異なる帯域間でのチャネルの数が不均一となるように、異なる帯域間でチャネルを再配置するチャネル配置部とを含んでもよい。

## 【0023】

信号処理部は、端末装置からの受信信号にもとづいて受信応答特性を計算し、制御部は、空間を分割した複数のチャネルにそれぞれ対応した受信応答特性間の相関値を計算する相関計算部と、相関値がしきい値より小さい場合には、端末装置に対して空間を分割した少なくともひとつのチャネルを割当て、相関値がしきい値より大きい場合には、端末装置に対して空間以外のチャネル割当て要素にもとづいたチャネルを割当てるチャネル配置部とを含んでもよい。

20

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

## 【発明の効果】

## 【0024】

本発明によれば、SDMAにおける、データ伝送速度の高い端末装置のデータ伝送品質の劣化を低減できる。また、SDMAに起因するデータ伝送品質の劣化を低減しつつ、端末装置のデータ伝送速度を増減できる。また、高いデータ伝送速度での接続を要求する端末装置の接続可能性を向上できる。また、SDMAに起因するデータ伝送品質の劣化が大きい場合における多重接続方法およびそれを利用した無線装置を提供できる。

30

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0025】

## (実施の形態1)

実施の形態1は、SDMAによって複数の端末装置と接続される基地局の無線装置に関する。SDMAによって多重化されている端末装置に関する無線信号のそれぞれは、理想的には無線装置に設けられたアダプティブアレイアンテナによって分離されるが、無線装置に対する複数の端末装置の配置によっては、それぞれの無線信号の分離が十分でなくなり、一般に、そのような複数の端末装置間で干渉が生じる。干渉によるデータ伝送品質の低下を抑えつつ、データ伝送速度をより高くするために、本実施の形態に係る無線装置は、SDMAで接続を許可する端末装置の数(以下、「接続許可数」という)を、SDMAによって接続すべき端末装置のデータ伝送速度に応じて決定する。すなわち、端末装置のデータ伝送速度が高い場合は、一般にそのデータ伝送品質の劣化が干渉によってより大きくなるため、干渉の低減を目的として、接続許可数を小さくする。一方、端末装置のデータ伝送速度が低い場合は、干渉によるデータ伝送品質の劣化がより小さくなるため、無線装置あたりのデータ伝送速度の増加を目的として、接続許可数を大きくする。

40

## 【0026】

さらに、複数の端末装置が無線装置に、例えばTDMAのような、SDMA以外の多重化要素によっても多重接続されている状況下で、TDMAのひとつのタイムスロットにお

50

いて、SDMAによって接続されている複数の端末装置のひとつが、データ伝送速度の増加を要求する（以下、データ伝送速度の増加を要求する端末装置を、「増加要求端末装置」という）場合、本実施の形態の無線装置は、仮に増加要求端末装置の伝送速度を増加させても、増加要求端末装置を含むタイムスロット中のSDMAで接続されている端末装置数が、接続許可数より小さければ、要求に応じて増加要求端末装置の伝送速度を増加させる。一方、大きければ、すべてのタイムスロットにおいて、SDMAで接続されている端末装置数が接続許可数以下となるように、増加要求端末装置が接続されているタイムスロットに含まれる他の端末装置あるいは増加要求端末装置を、別のタイムスロットでの接続に変更してから、増加要求端末装置の伝送速度を増加させる。

【0027】

図1は、実施の形態1に係る無線装置10と端末装置26からなる通信システムを示す。無線装置10は、アンテナ22と総称する第1アンテナ22a、第2アンテナ22b、第nアンテナ22n、無線部12、信号処理部14、モデム部16、ベースバンド部18、制御部20を含み、ネットワーク24と接続している。無線部12は、第1無線部12a、第2無線部12b、第N無線部12nを含み、信号処理部14は、第1信号処理部14a、第2信号処理部14b、第M信号処理部14mを含む。端末装置26は、アンテナ34、無線部32、モデム部30、ベースバンド部28を含む。また、信号として、無線部制御信号318、モデム部制御信号320、ベースバンド部制御信号322を含む。図1の通信システムでは、ひとつの端末装置26が無線装置10と接続しているが、実際にはM個の端末装置26と接続可能である。

【0028】

無線装置10のベースバンド部18は、ネットワーク24とのインターフェース、端末装置26のベースバンド部28は、端末装置26と接続したPCや、端末装置26内部のアプリケーションとのインターフェースであり、通信システムで伝送の対象となる情報信号の送受信処理を行う。また、誤り訂正や自動再送処理がなされてもよいが、ここではこれらの説明を省略する。

【0029】

無線装置10のモデム部16、端末装置26のモデム部30は、変調処理として、キャリアを送信したい情報信号を変調して、送信信号を生成するが、ここでは、変調方式として、 $\pi/4$ シフトQPSK（以下、これもQPSKと示す）、16QAM、64QAMを対象とする。また、復調処理として、受信信号を復調して、送信された情報信号を再生するが、ここでは、QPSKに対して遅延検波、16QAM、64QAMに対して同期検波を行うものとする。

【0030】

信号処理部14は、アダプティブアレイアンテナによる送受信処理に必要な信号処理を行う。

無線装置10の無線部12、端末装置26の無線部32は、信号処理部14、モデム部16、ベースバンド部18、ベースバンド部28、モデム部30で処理されるベースバンドの信号と無線周波数の信号間の周波数変換処理、増幅処理、ADまたはDA変換処理等を行う。

【0031】

無線装置10のアンテナ22、端末装置26のアンテナ34は、無線周波数の信号を送受信処理する。アンテナの指向性は任意でよく、アンテナ22のアンテナ数はNとされる。

制御部20は、無線部12、信号処理部14、モデム部16、ベースバンド部18のタイミングやチャネル配置を制御する。

【0032】

図2は、実施の形態1で使用されるバーストフォーマットの一例として、簡易型携帯電話システムのバーストフォーマットを示す。バーストの先頭から4シンボルの間に、タイミング同期に使用するためのフリアンブルが、それに続く8シンボルの間に、ユニークワ

10

20

30

40

50

ードが配置されている。プリアンブルとユニークワードは、無線装置 10 や端末装置 26 にとって既知であるため、後述するトレーニング信号としても使用できる。

【0033】

図 3 は、実施の形態 1 に係るチャネル配置を示す。ここでは、SDMA による空間軸の多重度を 4、TDMA による時間軸の多重度、すなわちタイムスロット数を 3 としており、その中にチャネル (1, 1) からチャネル (3, 4) の合計 12 チャネルを配置している。また、ひとつのチャネルには、ひとつの端末装置が割り当てられており、当該端末装置の変調方式や誤り訂正の符号化率等の情報は、当該チャネルと共有されているものとする。また、図 3 は、上り回線あるいは下り回線のいずれかを示している。さらに、周波数軸方向などに多重化されていてもよい。

【0034】

図 4 から図 6 は、異なる通信システムに対応する第 1 無線部 12a のさまざまな構成を示す。異なる通信システム間の相違は、一般に無線装置 10 における第 1 無線部 12a で吸収され、これに続く信号処理部 14 は、通信システムの相違を意識することなく動作可能となる。図 4 の第 1 無線部 12a は、図 2 に示した簡易型携帯電話システムや携帯電話システムのようなシングルキャリア通信システムに対応し、スイッチ部 36、受信部 38、送信部 40 を含む。さらに、受信部 38 は、周波数変換部 42、直交検波部 44、AGC (Automatic Gain Control) 46、AD 変換部 48 を含み、送信部 40 は、増幅部 50、周波数変換部 52、直交変調部 54、DA 変換部 56 を含む。

【0035】

また、信号として、デジタル受信信号 300 と総称される第 1 デジタル受信信号 300a、デジタル送信信号 302 と総称される第 1 デジタル送信信号 302a を含む。図 5 の第 1 無線部 12a は、W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) や IEEE 802.11b に準拠した無線 LAN のようなスペクトラム拡散通信システムに対応し、逆拡散部 58、拡散部 60 が付加される。図 6 の第 1 無線部 12a は、IEEE 802.11a や HIPERLAN/2 に準拠した無線 LAN のようなマルチキャリア通信システムに対応し、フーリエ変換部 62、逆フーリエ変換部 64 が付加される。

【0036】

スイッチ部 36 は、制御部 20 の指示にもとづいて、受信部 38 と送信部 40 に対する信号の入出力を切りかえる。

受信部 38 の周波数変換部 42 と送信部 40 の周波数変換部 52 は、無線周波数の信号とひとつまたは複数の中間周波数の信号間の周波数変換を行う。

直交検波部 44 は、中間周波数の信号から直交検波によって、ベースバンドのアナログ信号を生成する。一方、直交変調部 54 は、ベースバンドのアナログ信号から直交変調によって、中間周波数の信号を生成する。

【0037】

AGC 46 は、ベースバンドのアナログ信号の振幅を AD 変換部 48 のダイナミックレンジ内の振幅にするために、利得を自動的に制御する。

AD 変換部 48 は、ベースバンドのアナログ信号をデジタル信号に変換し、DA 変換部 56 は、ベースバンドのデジタル信号をアナログ信号に変換する。ここで、AD 変換部 48 から出力されるデジタル信号をデジタル受信信号 300、DA 変換部 56 に入力されるデジタル信号をデジタル送信信号 302 とする。

増幅部 50 は、送信すべき無線周波数の信号を増幅する。

【0038】

図 5 の拡散部 60 と逆拡散部 58 は、それぞれデジタル送信信号 302 とデジタル受信信号 300 を予め規定されている拡散符号系列で相関処理する。図 6 の逆フーリエ変換部 64 とフーリエ変換部 62 は、それぞれデジタル送信信号 302 を逆フーリエ変換処理、デジタル受信信号 300 をフーリエ変換処理する。

【0039】

10

20

30

40

50

図7は、第1信号処理部14aの構成を示す。第1信号処理部14aは、立上がり検出部66、メモリ部72、受信ウエイトベクトル計算部70、判定部202、合成部68、受信応答ベクトル計算部200、送信ウエイトベクトル計算部76、分離部74を含む。さらに、合成部68は、乗算部78と総称される第1乗算部78a、第2乗算部78b、第N乗算部78n、加算部80を含み、分離部74は、乗算部82と総称される第1乗算部82a、第2乗算部82b、第N乗算部82nを含む。

【0040】

また、信号として、合成信号304、分離前信号306、受信ウエイトベクトル308と総称される第1受信ウエイトベクトル308a、第2受信ウエイトベクトル308b、第N受信ウエイトベクトル308n、送信ウエイトベクトル310と総称される第1送信ウエイトベクトル310a、第2送信ウエイトベクトル310b、第N送信ウエイトベクトル310n、トレーニング信号312、入力制御信号314と総称される第1入力制御信号314a、出力制御信号316と総称される第1出力制御信号316a、判定信号400、受信応答ベクトル402を含む。

【0041】

立上がり検出部66は、無線装置10の動作開始のトリガーとなるバースト信号の先頭をデジタル受信信号300から検出する。検出したバースト信号の先頭のタイミングは、出力制御信号316によって制御部20に通知される。さらに、制御部20は、このタイミングから生成した制御に必要な各種のタイミング信号を、各部に通知する。

メモリ部72は、トレーニング信号312を記憶し、必要に応じて、トレーニング信号312を出力する。

【0042】

受信ウエイトベクトル計算部70は、デジタル受信信号300の重み付けに必要な受信ウエイトベクトル308を、RLS (Recursive Least Squares) アルゴリズムやLMS (Least Mean Squares) アルゴリズムなどの適応アルゴリズムによって、トレーニング期間中は、デジタル受信信号300、合成信号304、トレーニング信号312から、トレーニング終了後は、デジタル受信信号300、合成信号304、判定信号400から計算する。

【0043】

合成部68は、乗算部78において、デジタル受信信号300を受信ウエイトベクトル308で重み付けした後、それらを加算部80で加算して、合成信号304を出力する。

判定部202は、合成信号304を予め規定しているしきい値と比較して、判定信号400を出力する。なお、判定は硬判定である必要はなく、軟判定でもよい。

【0044】

受信応答ベクトル計算部200は、送信信号に対する受信信号の受信応答特性として受信応答ベクトル402を、トレーニング期間中は、デジタル受信信号300、トレーニング信号312から、トレーニング終了後は、デジタル受信信号300、判定信号400から計算する。

【0045】

送信ウエイトベクトル計算部76は、分離前信号306の重み付けに必要な送信ウエイトベクトル310を、受信応答特性である受信ウエイトベクトル308や受信応答ベクトル402から推定する。送信ウエイトベクトル310の推定方法は、任意とするが、最も簡易な方法として、受信ウエイトベクトル308や受信応答ベクトル402をそのまま使用すればよい。あるいは、受信処理と送信処理の時間差で生じる伝搬環境のドップラー周波数変動を考慮して、従来の技術によって、受信ウエイトベクトル308あるいは受信応答ベクトル402を補正してもよい。なお、送信ウエイトベクトル310の推定には、受信ウエイトベクトル308と受信応答ベクトル402のどちらかのみを使用してもよいが、ここでは、通常は受信ウエイトベクトル308を使用し、受信ウエイトベクトル308に含まれる誤差が大きいと判断された場合に、受信応答ベクトル402を使用する。

分離部74は、乗算部82において、分離前信号306を送信ウエイトベクトル310

で重み付けし、デジタル送信信号 302 を出力する。

【0046】

図 8 と図 9 は、立上がり検出部 66 の構成を示し、それぞれマッチドフィルタ、受信電力測定器をもとに構成されている。図 8 は、遅延部 84 と総称する第 1 1 遅延部 84 a a、第 1 2 遅延部 84 a b、第 1 (L-1) 遅延部 84 a (l-1)、第 2 1 遅延部 84 b a、第 2 2 遅延部 84 b b、第 2 (L-1) 遅延部 84 b (l-1)、第 N 1 遅延部 84 n a、第 N 2 遅延部 84 n b、第 N (L-1) 遅延部 84 n (l-1)、乗算部 86 と総称する第 1 1 乗算部 86 a a、第 1 2 乗算部 86 a b、第 1 L 乗算部 86 a l、第 2 1 乗算部 86 b a、第 2 2 乗算部 86 b b、第 2 L 乗算部 86 b l、第 N 1 乗算部 86 n a、第 N 2 乗算部 86 n b、第 N L 乗算部 86 n l、データ記憶部 88 と総称する第 1 データ記憶部 88 a、第 2 データ記憶部 88 b、第 L データ記憶部 88 l、加算部 90、判定部 92 を含む。

【0047】

遅延部 84 は、入力したデジタル受信信号 300 を相関処理のために、アンテナ 22 ごとに並列に遅延させる。

データ記憶部 88 は、バースト信号の先頭を検出するためのトレーニング信号 312 あるいはその一部をそれぞれ 1 シンボルずつ記憶する。

【0048】

乗算部 86 は、遅延させたデジタル受信信号 300 とトレーニング信号 312 を乗算し、さらに加算部 90 は、その結果を加算する。

判定部 92 は、加算部 90 による加算結果をもとに、その値が最大となるタイミングをバースト信号の先頭タイミングとして検出し、それを出力制御信号 316 によって出力する。

【0049】

一方、図 9 は、電力計算部 94、判定部 92 を含む。電力計算部 94 は、デジタル受信信号 300 の受信電力を所定期間計算し、それらを合計することにより、すべてのアンテナ 22 によって受信される信号の電力を求める。

判定部 92 は、受信信号の電力を予め既定してある条件と比較し、その条件が満たされた場合に、バースト信号の先頭が検出されたと判定する。条件としては、受信電力が、しきい値として設定する電力の値より大きくなる期間が、予め定めた期間を超えるというものでよい。

【0050】

図 10 は、LMS アルゴリズムを実行する受信ウエイトベクトル計算部 70 の構成を示す。受信ウエイトベクトル計算部 70 は、第 1 受信ウエイトベクトル計算部 70 a、第 2 受信ウエイトベクトル計算部 70 b、第 N 受信ウエイトベクトル計算部 70 n を含む。さらに、第 1 受信ウエイトベクトル計算部 70 a は、切替部 96、加算部 98、複素共役部 100、乗算部 102、ステップサイズパラメータ記憶部 104、乗算部 106、加算部 108、遅延部 110 を含む。

【0051】

切替部 96 は、LMS アルゴリズムの参照信号として、トレーニング期間中はトレーニング信号 312 を選択し、トレーニング終了後は判定信号 400 を選択する。

加算部 98 は、合成信号 304 と参照信号との間で、差分を計算し、誤差信号を出力する。この誤差信号は、複素共役部 100 で複素共役変換される。

【0052】

乗算部 102 は、複素共役変換された誤差信号と、第 1 デジタル受信信号 300 a を乗算し、第 1 の乗算結果を生成する。

乗算部 106 は、第 1 の乗算結果にステップサイズパラメータ記憶部 104 で記憶されているステップサイズパラメータを乗算し、第 2 の乗算結果を生成する。第 2 の乗算結果は、遅延部 110 と加算部 108 によって、フィードバックされた後に、新たな第 2 の乗算結果と加算される。このような、LMS アルゴリズムによって、逐次更新された加算結

10

20

30

40

50

果が、第1受信ウェイトベクトル308 $\alpha$ として出力される。

【0053】

図11は、相関処理を実行する受信応答ベクトル計算部200の構成を示す。受信応答ベクトル計算部200は、切替部204、第1相関計算部206、第2相関計算部208、逆行列計算部210、最終計算部212を含む。

【0054】

切替部204は、参照信号として、トレーニング期間中はトレーニング信号312を選択し、トレーニング終了後は判定信号400を選択する。なお、トレーニング信号312と判定信号400は、第1信号処理部14 $\alpha$ 内からだけではなく、図示しない信号線によって、他のユーザの端末装置26に対応する第2信号処理部14 $\beta$ 、第M信号処理部14 $m$ からも入力されるものとする。説明の便宜のため端末装置26のユーザ数を2とすれば、第1の端末装置26に対応する参照信号はS1(7)、第2の端末装置26に対応する参照信号はS2(7)と示される。

【0055】

第1相関計算部206は、デジタル受信信号300と参照信号の間における第1の相関行列を計算する。説明の便宜のためアンテナ22の数を2とし、第1デジタル受信信号300 $\alpha$ の $\times 1(7)$ 、第2デジタル受信信号300 $\beta$ の $\times 2(7)$ は、次の式で示される。

【0056】

【数1】

$$x_1(t) = h_{11}S_1(t) + h_{21}S_2(t)$$

$$x_2(t) = h_{12}S_1(t) + h_{22}S_2(t)$$

ここで、 $h_{ij}$ は、第 $i$ 番目の端末装置26から第 $j$ アンテナ22 $j$ までの応答特性であり、また雑音は無視する。第1の相関行列R1は、Eをアンサンブル平均として、次の式で示される。

【数2】

$$R_1 = \begin{bmatrix} E[x_1 S_1^*] & E[x_2 S_1^*] \\ E[x_1 S_2^*] & E[x_2 S_2^*] \end{bmatrix}$$

第2相関計算部208は、参照信号間の第2の相関行列R2を計算し、これは次の式で示される。

【数3】

$$R_2 = \begin{bmatrix} E[S_1 S_1^*] & E[S_1 S_2^*] \\ E[S_2 S_1^*] & E[S_2 S_2^*] \end{bmatrix}$$

逆行列計算部210は、第2の相関行列R2の逆行列を計算する。

【0057】

最終計算部212は、第2の相関行列R2の逆行列と第1の相関行列R1を乗算し、次の式で示される受信応答ベクトル402を出力する。

【数4】

$$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} = R_1 R_2^{-1}$$

図12は、制御部20の構成を示す。制御部20は、メモリ部218、チャネル配置部216、チャネル管理部220、相関計算部214を含む。

## 【0058】

メモリ部218は、ユーザ伝送速度と接続許可数の関係を記憶する。ここでは簡易型携帯電話システムを考慮して、ユーザ伝送速度を規定する要因を変調方式のみとし、誤り訂正は考慮しないものとする。具体的な変調方式と接続許可数の関係は、64QAMで1台、16QAMで2台、QPSKで4台とする。また、複数の端末装置26が同一のタイムスロットにSDMAによって接続されている場合に、接続許可数を決定する変調方式は、当該複数の端末装置26のうち、最も高いユーザ伝送速度に対応した変調方式とする。

## 【0059】

チャネル配置部216は、それぞれの端末装置26に割り当てたチャネルを、メモリ部218に記憶された関係を満たすように、時間軸と空間軸に配置する。また、無線装置10全体のタイミング制御も行う。

## 【0060】

チャネル管理部220は、既に端末装置26が割り当てられたチャネルの配置を記憶する

。 10  
 関連計算部214は、出力制御信号316を入力して、異なるチャネル間における受信応答ベクトル402の相関値を計算し、その結果をチャネル配置部216に通知する。受信応答特性にもとづくこの相関値は、一般に空間の相関性を示す。

## 【0061】

図13は、増加要求端末装置からの要求に応じて、データ伝送速度を変化させる手順を示す。図12のチャネル配置部216は、増加要求端末装置の変調方式を変化させて、データ伝送速度を増加させる要求信号（以下、要求する変調方式を「要求変調方式」という）を入力する（S10）。データ伝送速度の増加が下り回線の場合、要求信号はネットワーク24からベースバンド部18を介して、ベースバンド部制御信号322によって入力され、上り回線の場合、モデム部16を介して、モデム部制御信号320によって入力される。チャネル配置部216は、チャネル管理部220を参照して、増加要求端末装置に割り当てたチャネルが含まれるタイムスロット（以下、これを「接続タイムスロット」という）のすべてのチャネルの数（以下、「接続チャネル数」という）を調査する（S12）

## 【0062】

チャネル配置部216は、増加要求端末装置を要求変調方式にした場合の接続タイムスロットでの接続許可数と接続チャネル数を比較し、接続チャネル数が接続許可数以下ならば（S14のY）、接続要求端末装置を要求変調方式に変更して、伝送速度を増加させる（S44）。一方、接続チャネル数が接続許可数以下でなければ（S14のN）、チャネル管理部220を参照して、接続タイムスロット以外のすべてのタイムスロット（以下、当該タイムスロットのひとつ、あるいはすべてを「未接続タイムスロット」という）に含まれるチャネル数と変調方式をそれぞれ調査する（S16）。

## 【0063】

要求変調方式にした増加要求端末装置にチャネルを割り当て可能な未接続タイムスロット（以下、「可能タイムスロット」という）が存在する場合（S18のY）、チャネル配置部216は可能タイムスロットの中で最もチャネル数が小さいものを選択する（S20）。さらに、選択された可能タイムスロットが複数あれば、チャネルの変調方式が最も小さいタイムスロット（以下、「対象タイムスロット」という）を選択する（S22）。

## 【0064】

40  
 50  
 関連計算部214は、対象タイムスロットに含まれているチャネルに対応する受信応答ベクトル402と増加要求端末装置の受信応答ベクトル402との相関値を計算し、その相関値がしきい値以下ならば（S24のY）、増加要求端末装置に割り当てるチャネルを、対象タイムスロットに含まれるチャネルに変更する（S26）。当該相関値がしきい値以下でなく（S24のN）、対象タイムスロットと同一のチャネル数を有するタイムスロットが存在する場合（S28のY）や、調査していない可能タイムスロットが存在する場合（S32のY）は、調査するタイムスロットを変更して（S30、S34）、上記の処理

を繰り返す。一方、調査していない可能タイムスロットが存在しない場合（S 3 2 の N）は、次のステップに進む。

【0065】

未接続タイムスロットにおいて、接続タイムスロット内の増加要求端末装置以外の端末装置（以下、当該端末装置のひとつ、あるいはすべてを「移動対象端末装置」という）に、新たなチャンネルを割り当てても、チャンネル数が接続許可数を越えずに、さらに、未接続タイムスロットに含まれる既存のチャンネルに対応する受信応答ベクトル 402 と移動対象端末装置の受信応答ベクトル 402 の相関値がしきい値以下になるかを調査する（S 3 6）。上記要件を満たす未接続タイムスロットが存在する場合（S 3 8 の Y）、移動対象端末装置に割り当てるチャンネルを、当該未接続タイムスロットに含まれるチャンネルに変更する（S 4 0）。一方、存在しなければ（S 3 8 の N）、増加要求端末装置のデータ伝送速度を増加させる要求を拒否する（S 4 2）。

【0066】

以上の構成による無線装置 10 の動作を、図 14 (a) - (b) に示した図 13 の手順によるチャンネル配置をもとに説明する。図 14 (a) は、初期状態のチャンネル配置を示し、全チャンネルの変調方式が QPSK にされている。この中で、タイムスロット 1 のチャンネル (1, 1) に割り当てられた増加要求端末装置が要求変調方式として 16QAM を要求する場合、タイムスロット 1 の接続許可数は 2 となり、既存チャンネル数の 3 より大きいため、図 14 (a) のチャンネル配置のままでの要求変調方式への変更は不可能である。また、タイムスロット 2 とタイムスロット 3 のチャンネル数もそれぞれ 3 と 4 なので、増加要求端末装置をタイムスロット 2 またはタイムスロット 3 に移動させて、要求変調方式に変更することも不可能である。一方、図 14 (a) のチャンネル (1, 3) に割り当てられた移動対象端末装置のタイムスロット 2 への移動が可能のため、図 14 (b) に示すとおり、この割当をチャンネル (2, 4) に変更してから、チャンネル (1, 1) に割り当てられた増加要求端末装置を要求変調方式の 16QAM に変更する。

【0067】

実施の形態 1 によれば、データ伝送速度の高い端末装置を接続するタイムスロットの接続許可数を小さく、データ伝送速度の低い端末装置を接続するタイムスロットの接続許可数を大きくするため、データ伝送速度の高い端末装置のデータ伝送品質の劣化を抑えつつ、データ伝送速度の低い端末装置を接続するタイムスロットの多重度を高くできる。

【0068】

（実施の形態 2）

実施の形態 2 において、実施の形態 1 と同様に、無線装置は接続許可数に従いつつ、所定のタイムスロットで接続していた端末装置を別のタイムスロットでの接続に変更する。実施の形態 1 では、無線装置は SDMA で接続されているひとつの端末装置のデータ伝送速度増加の要求を満たすように、端末装置を接続するタイムスロットを変更していた。これに対して、実施の形態 2 では、データ伝送速度増加の要求がなくとも、複数のタイムスロットにおいて、SDMA で接続されている端末装置の数が異なるように、端末装置を接続すべきタイムスロットを変更する。

【0069】

例えば、無線装置のすべてのタイムスロットが端末装置との接続に使用されている場合、新たに接続を要求する端末装置（以下、「新規装置」という）は、既に接続されている端末装置のいずれかと SDMA によって多重化されるため、その結果、新規装置のデータ伝送速度が、接続許可数から定まる値に制限される。そこで本実施の形態の無線装置は、新規装置が高いデータ伝送速度による接続を要求しても、その接続の可能性を向上させるため、予め所定の端末装置が接続しているタイムスロットを変更させて、新規装置を接続させるためのタイムスロットを用意しておく。

実施の形態 2 に係る無線装置 10 の構成としては、図 1 に示されるものが有効であるため、無線装置 10 の構成の説明は省略する。

【0070】

10

20

30

40

50



図15は、チャネル配置を変更する手順を示す。図12のチャネル配置部216は、チャネル管理部220からすべてのタイムスロットにチャネルが配置された旨の情報を入力する(S50)。チャネル配置部216は、チャネル管理部220を参照して、すべてのタイムスロットのうち、新たなチャネルを配置可能なタイムスロット(以下、「可能タイムスロット」という)が2以上存在するか、すなわち、端末装置26が割り当てられたチャネル数が接続許可数より小さいタイムスロットが2以上存在するかを調査する。存在しない場合(S52のN)、処理を終了するが、存在する場合(S52のY)、チャネル数が最小の可能タイムスロットを選択する(以下、選択された可能タイムスロットを「対象タイムスロット」といい、選択されなかった可能タイムスロットを「非対象タイムスロット」という)(S54)。

10

【0071】

対象タイムスロットに含まれるチャネルに対応する受信応答ベクトル402と、非対象タイムスロットに含まれるチャネルに対応する受信応答ベクトル402との相関値を計算し、その相関値がしきい値以下ならば(S56のY)、対象タイムスロットに含まれるチャネルに割り当てられた端末装置26に、非対象タイムスロットのチャネルを割り当てる(S58)。当該相関値がしきい値以下でなく(S56のN)、対象タイムスロットにしている非対象タイムスロットが存在する場合(S60のY)は、対象タイムスロットを変更して(S62)、上記の処理を繰り返す。一方、対象タイムスロットにしている非対象タイムスロットが存在しない場合(S60のN)は、処理を終了する。

【0072】

20

以上の構成による無線装置10の動作を、図16(a)～(b)に示した図15の手順によるチャネル配置をもとに説明する。図16(a)は、初期状態のチャネル配置を示し、すべてのタイムスロットに変調方式がQPSKのチャネルが配置にされている。すべてのタイムスロットのチャネル数が、接続許可数の4よりも小さいため、その中でチャネル数が最小のタイムスロット1を対象タイムスロットに選択する。対象タイムスロットに含まれるチャネル(1, 1)に割り当てられた端末装置26は、タイムスロット2への移動が可能のため、図16(b)に示すとおり、この割当をチャネル(2, 3)に変更して、タイムスロット1に配置されたチャネル数をゼロにする。

【0073】

実施の形態2によれば、タイムスロットに配置されるチャネル数を、タイムスロット間で異なるように制御することによって、チャネル数の少ないタイムスロットを用意するため、新たに接続を要求する端末装置に対して、より高いデータ伝送速度での接続を可能にする。

30

【0074】

(実施の形態3)

実施の形態3において、実施の形態1や2と同様に、無線装置は複数の端末装置をSDMAによって接続する。しかし、実施の形態3は、実施の形態1や2と異なり、無線装置に設けられたアダプティブアレイアンテナによっても、複数の端末装置に対するそれぞれの無線信号が十分に分離できない場合、当該複数の端末装置をSDMAによって多重化せずに、例えばデータ伝送速度を増加させたうえで、ひとつのタイムスロットを順番に使用して多重化させる(以下これを、「パケット通信」という)。この多重化によって、干渉によるデータ伝送品質の劣化を抑制可能である。

40

実施の形態3に係る無線装置10の構成としては、図1に示されるものが有効であるため、無線装置10の構成の説明は省略する。

【0075】

図17は、新規装置を接続する手順を示す。図12のチャネル配置部216は、新規装置が所定の変調方式で接続したい旨の要求(以下、要求する変調方式を「要求変調方式」という)を、モデム部16を介して、モデム部制御信号320によって入力する(S100)。チャネル配置部216は、チャネル管理部220を参照して、すべてのタイムスロットに含まれるチャネル数と変調方式をそれぞれ調査する(S102)。新たに要求変調

50

方式のチャネルを配置可能なタイムスロットが存在しない、すなわち、すべてのタイムスロットにおいて接続許可数のチャネルが配置されている場合（S104のN）、ステップ124以降の処理に進む。一方、タイムスロットが存在する（以下、これを「可能タイムスロット」という）場合（S104のY）、チャネル配置部216は可能タイムスロットの中で最もチャネル数が小さいものを選択する（S106）。さらに、選択された可能タイムスロットが複数あれば、チャネルの変調方式が最も小さいタイムスロット（以下、「対象タイムスロット」という）を選択する（S108）。

#### 【0076】

10 相関計算部214は、対象タイムスロットに含まれるチャネルに対応する受信応答ベクトル402と新規装置の受信応答ベクトル402との相関値を計算し、その相関値がしきい値以下ならば（S110のY）、対象タイムスロットを選択し（S112）、その中でSDMAによって、新規装置を接続する（S114）。当該相関値がしきい値以下でなく（S110のN）、対象タイムスロットと同一のチャネル数を有するタイムスロットが存在する場合（S116のY）や、調査していない可能タイムスロットが存在する場合（S120のY）は、調査するタイムスロットを変更して（S118、S122）、上記の処理を繰り返す。一方、調査していない可能タイムスロットが存在しない場合（S120のN）で、新規端末の要求変調方式を、例えば、16QAMからQPSKのように、下げることが可能な場合（S124のY）、要求変調方式を下げた（S126）、上記の処理を繰り返す。

#### 【0077】

20 チャネル配置部216は、さらにチャネル管理部220を参照して、すべてのタイムスロットの中で、変調方式がQPSK、既存のチャネル数が2以下のタイムスロットが存在するかを調査し、存在する場合（S128のY）、該当するタイムスロットの中でチャネル数が最小のタイムスロット（以下、「共有タイムスロット」という）を選択する（S130）。共有タイムスロットの中のひとつのチャネルを、既に割当てられている端末装置26（以下、「既存端末装置」という）と新規端末装置が順番に使用する場合においても、既存端末装置のデータ伝送速度を維持するように、既存端末装置と新規端末装置の変調方式を決定して（S132）、パケット通信で新規端末を接続する（S136）。一方、変調方式がQPSK、既存のチャネル数が2以下のタイムスロットが存在しなければ（S128のN）、新規端末装置の接続を拒否する（S134）。

#### 【0078】

30 以上の構成による無線装置10の動作を、図18(a)～(b)に示した図17の手順によるチャネル配置をもとに説明する。図18(a)は、初期状態のチャネル配置を示し、すべてのタイムスロットに変調方式がQPSKのチャネルが配置にされている。また、接続を要求する新規端末装置の要求変調方式もQPSKであるとする。すべてのタイムスロットのチャネル数が、接続許可数の4よりも小さいが、チャネル(1, 1)からチャネル(3, 2)に対応する受信応答ベクトル402と新規端末装置の受信応答ベクトル402の相関値がしきい値よりも大きいため、新規端末装置をいずれのタイムスロットにも、SDMAによって接続できない。次に、最もチャネル数の小さいタイムスロット1を共有タイムスロットに選択する。結果として、図18(b)に示すとおり、チャネル(1, 1)をタイムスロット1では既存端末装置に、タイムスロット1の次に周期的に存在するタイミングのタイムスロット1'では新規端末装置に交互に順番を割り当てる。

#### 【0079】

実施の形態3によれば、複数の端末装置を同一のタイムスロットで多重化する場合、空間の分割が十分であれば、よりデータ伝送効率の高いSDMAを使用し、十分でなければ、干渉の少ないパケット通信を使用することで、データ伝送品質の低下を抑制できる。

#### 【0080】

##### (実施の形態4)

40 実施の形態4は、実施の形態1と同様に、無線装置にSDMAで接続されているひとつの端末装置が、データ伝送速度増加を要求する場合に関する。実施の形態1では、接続許

可数に従って、端末装置が接続されるタイムスロットを変更したが、実施の形態4では、これに加え実施の形態3と同様に、アダプティブアレイアンテナによっても、SDMAの対象となる複数の無線信号が十分に分離できない場合、ひとつのタイムスロットを複数の端末装置で順番に使用する。

実施の形態4に係る無線装置10の構成としては、図1に示されるものが有効であるため、無線装置10の構成の説明は省略する。

#### 【0081】

図19は、増加要求端末装置に依りて、伝送速度を変化させる手順を示す。ステップ180までは、図13と同一であるため、説明を省略する。チャネル配置部216は、さらにチャネル管理部220を参照して、すべてのタイムスロットの中で、変調方式がQPSK、既存のチャネル数が2以下のタイムスロットが存在するかを調査し、存在する場合（S182のY）、該当するタイムスロットの中でチャネル数が最小のタイムスロット（以下、「共有タイムスロット」という）を選択する（S184）。共有タイムスロットの中のひとつのチャネルを、既に割当てられている端末装置26（以下、「既存端末装置」という）と移動対象端末装置が、順番に使用する場合においても、既存端末装置のデータ伝送速度を維持するように、既存端末装置と移動対象端末装置の変調方式を決定して（S186）、パケット通信で接続する（S188）。その後、増加要求端末装置のデータ伝送速度を増加させる（S192）。一方、変調方式がQPSK、既存のチャネル数が2以下のタイムスロットが存在しなければ（S182のN）、新規端末装置の接続を拒否する（S190）。

#### 【0082】

実施の形態4によれば、複数の端末装置を同一のタイムスロットで多重化する場合、空間の分割が十分でなくても、パケット通信を利用することにより、増加要求端末装置の要求を満たせる可能性が高くなる。

#### 【0083】

##### （実施の形態5）

実施の形態5は、実施の形態1から4でSDMAに適用させた無線装置をMIMO（Multiple Input Multiple Output）システムに適用させる。本実施の形態に係る無線装置は、端末装置に対して、MIMOシステムでチャネルの割当てを許可するチャネル数（以下、「設定数」という）を、チャネル単位でのデータ伝送速度に応じて決定する。すなわち、チャネル単位のデータ伝送速度が高い場合は、一般にそのデータ伝送品質の劣化が干渉によってより大きくなるため、干渉の低減を目的として、設定数を小さくする。一方、チャネル単位のデータ伝送速度が低い場合は、干渉によるデータ伝送品質の劣化がより小さくなるため、データ伝送速度の増加を目的として、設定数を大きくする。

#### 【0084】

ここでMIMOシステムは、基地局装置と端末装置がそれぞれ複数のアンテナを備え、それぞれのアンテナに対応したひとつのチャネルを設定する。すなわち、基地局装置と端末装置との間の通信に対して、最大アンテナ数までのチャネルを設定して、データ伝送速度を向上させる。なお、基地局装置と端末装置との間のチャネルは、一般的にアダプティブアレイアンテナ技術によって分離されている。前述したSDMAでの複数の端末装置が、MIMOシステムでの複数のチャネルに対応する。

#### 【0085】

本発明によって、解決すべき課題は以下の通りである。MIMOにおける、チャネルあたりのデータ伝送速度が高い場合にデータ伝送品質の劣化を低減する無線装置を提供することである。また、MIMOに起因するデータ伝送品質の劣化を低減しつつ、端末装置のデータ伝送速度を増減させる無線装置を提供することである。また、MIMOに起因するデータ伝送品質の劣化が大きい場合における無線装置を提供することである。

#### 【0086】

実施の形態5は、図1に示されるタイプの通信システムに係る。ここで、無線装置10

10

20

30

40

50

と同様に、端末装置 26 は複数のアンテナ等によって構成されている。また、第 1 信号処理部 14a から第 M 信号処理部 14m は、ひとつの端末装置 26 に対する空間を分割した M 個までのチャネルを処理する。この第 1 無線部 12a の構成としては、図 4 から図 6 のいずれかに示されたものが有効であり、第 1 信号処理部 14a の構成としては、図 7 に示されたものが有効であり、立上がり検出部 68 の構成としては、図 8 または図 9 に示されたものが有効であり、受信ウエイトベクトル計算部 70 の構成としては、図 10 に示されたものが有効であり、受信応答ベクトル計算部 200 の構成としては、図 11 に示されたものが有効である。

【0087】

図 20 は、実施の形態 5 に係るチャネル配置を示す。ここでは、MIMO による空間軸のチャネル数を 4、FDMA による周波数軸のチャネル数、すなわち帯域数を 8 としており、その中にチャネル (1, 1) からチャネル (8, 4) の合計 12 チャネルを配置している。また、図 8 は、上り回線あるいは下り回線を区別なく示している。さらに、時間軸方向などにチャネルが設けられてもよい。

【0088】

図 21 は、チャネル配置の手順を示すフローチャートである。図 21 は、SDMA での図 13 の処理に対応し、伝送速度の増加の決定に応じて、データ伝送速度を増加させる手順を示す。チャネル配置部 216 は、通信対象の端末装置 26 に対する伝送速度の増加を決定する (S210)。なお、伝送速度を増加させた場合の変調方式を「要求変調方式」という。当該伝送速度の増加の要求は、例えば、アプリケーションソフトウェアを介してなされる。チャネル配置部 216 は、チャネル管理部 220 を参照して、端末装置 26 に割当てたチャネルのうち変調方式の変更の対象となる帯域 (以下、これを「接続帯域」という) に既に割当てられたチャネルの数 (以下、「接続チャネル数」という) を調査する (S212)。

【0089】

チャネル配置部 216 は、要求変調方式にした場合の接続帯域での設定数と接続チャネル数を比較し、接続チャネル数が設定数以下ならば (S214 の Y)、要求変調方式に変更して、伝送速度を増加させる (S244)。一方、接続チャネル数が設定数以下でなければ (S214 の N)、チャネル管理部 220 を参照して、接続帯域以外のすべての帯域 (以下、当該帯域のひとつ、あるいはすべてを「未接続帯域」という) に含まれるチャネル数と変調方式をそれぞれ調査する (S216)。なお、「未接続帯域」は、端末装置 26 と無線装置 10 の間で接続された帯域のうちの「接続帯域」以外の帯域を示す。

【0090】

要求変調方式にした端末装置 26 にチャネルを割当て可能な未接続帯域 (以下、「可能帯域」という) が存在する場合 (S218 の Y)、チャネル配置部 216 は可能帯域の中で最もチャネル数が小さいものを選択する (S220)。さらに、選択された可能帯域が複数あれば、チャネルの変調方式が最も小さい帯域 (以下、「対象帯域」という) を選択する (S222)。

【0091】

相関計算部 214 は、対象帯域に含まれているチャネルに対応する受信応答ベクトル 402 と増加するチャネルに対応した受信応答ベクトル 402 との相関値を計算し、その相関値がしきい値以下ならば (S224 の Y)、端末装置 26 に割当てたチャネルを、対象帯域に含まれるチャネルに変更する (S226)。当該相関値がしきい値以下でなく (S224 の N)、対象帯域と同一のチャネル数を有する帯域が存在する場合 (S228 の Y) や、調査していない可能帯域が存在する場合 (S232 の Y) は、調査する帯域を変更して (S230、S234)、それを対象帯域として、上記の処理を繰り返す。一方、調査していない可能帯域が存在しない場合 (S232 の N) は、次のステップに進む。

【0092】

接続帯域内の変調方式の変更の対象となるチャネル以外のチャネル (以下、当該チャネルのひとつ、あるいはすべてを「移動対象チャネル」という) に対応する受信応答ベクトル

10

20

30

40

50

ル402と、未接続帯域に含まれる既存のチャネルに対応する受信応答ベクトル402の相関値がしきい値以下になるかを調査する(S236)。上記要件を満たす未接続帯域が存在する場合(S238のY)、移動対象チャネルを、当該未接続帯域に含まれるチャネルに変更する(S240)。一方、存在しなければ(S238のN)、データ伝送速度の増加を拒否する(S242)。

【0093】

図22は、チャネル配置の手順を示すフローチャートである。図22は、SDMAでの図15に対応し、チャネル配置を変更する手順を示す。チャネル配置部216は、チャネル管理部220からすべての帯域にチャネルが配置された旨の情報を入力する(S250)。チャネル配置部216は、チャネル管理部220を参照して、すべての帯域のうち、新たなチャネルを配置可能な帯域(以下、「可能帯域」という)が2以上存在するか、すなわち、端末装置26が割り当てられたチャネル数が設定数より小さい帯域が2以上存在するかを調査する。存在しない場合(S252のN)、処理を終了するか、存在する場合(S252のY)、チャネル数が最小の可能帯域を選択する(以下、選択された可能帯域を「対象帯域」といい、選択されなかった可能帯域を「非対象帯域」という)(S254)。

10

【0094】

対象帯域に含まれるチャネルに対応する受信応答ベクトル402と、非対象帯域に含まれるチャネルに対応する受信応答ベクトル402との相関値を計算し、その相関値がしきい値以下ならば(S256のY)、対象帯域に含まれるチャネルに、非対象帯域を割り当てる(S258)。当該相関値がしきい値以下でなく(S256のN)、対象帯域にしてい

20

ない非対象帯域が存在する場合(S260のY)は、対象帯域を変更して(S262)、上記の処理を繰り返す。一方、対象帯域にしてい

ない非対象帯域が存在しない場合(S260のN)は、処理を終了する。

【0095】

図23は、チャネル配置の手順を示すフローチャートである。チャネル配置部216は、通信対象の端末装置26に対する伝送速度の増加を決定する(S280)。相関計算部214は、対象帯域に含まれているチャネルに対応する受信応答ベクトル402と増加するチャネルに対応した受信応答ベクトル402との相関値を計算し、その相関値がしきい値以下ならば(S282のY)、MIMO方式のチャネル、すなわち同一の周波数と時間

30

に割り当てられており、空間を分割したチャネルを割り当てる(S284)。一方、相関値がしきい値以下でなければ(S282のN)、異なった帯域のチャネルを割り当てる(S286)。

【0096】

以上の構成による無線装置10の動作は、実施の形態1から3に記載した無線装置10の動作に対応する。なおこれまでは、無線装置10の内部でなされたチャネル数とデータ伝送速度の決定について説明した。実際は、無線装置10で決定されたデータ伝送速度の変更等を端末装置26に通知しなければならない。当該通知の方法は任意のものでよく、例えば、所定の制御信号を使用してもよく、あるいは制御信号を使用せずに、低いデータ伝送速度からデータ伝送を開始して、ACKが返信されている間は、データ伝送速度を徐

40

々に増加させていってもよい。また、端末装置26で決定されたデータ伝送速度の変更等についても同様である。

【0097】

実施の形態5によれば、チャネル単位のデータ伝送速度の高いチャネルが存在する場合には、チャネルの設定数を小さく、チャネル単位のデータ伝送速度の低いチャネルが存在する場合には、チャネルの設定数を大きくするため、チャネル単位のデータ伝送速度の高い場合にデータ伝送品質の劣化を抑え、チャネル単位のデータ伝送速度の低い場合にすべてのチャネルでのデータ伝送速度を高くできる。また、MIMOにおける、チャネルあたりのデータ伝送速度が高い場合にデータ伝送品質の劣化を低減する無線装置を提供できる。また、MIMOに起因するデータ伝送品質の劣化を低減しつつ、端末装置のデータ伝送

50

速度を増減させる無線装置を提供できる。また、MIMOに起因するデータ伝送品質の劣化が大きい場合における無線装置を提供できる。

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。この実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

#### 【0098】

実施の形態1から3において、制御部20はデータ伝送速度を変化させるために変調方式を変化させている。しかし、データ伝送速度の変化は、変調方式以外によってなされてもよく、例えば、誤り訂正の符号化率を変化させてもよい。この変形例によって、変調方式の組合せと符号化率の組合せによって、より詳細にデータ伝送速度を規定できる。つまり、結果としてデータ伝送速度が複数の値を有すればよい。

#### 【0099】

実施の形態1から3において、制御部20はSDMA以外の多重化要素としてTDMAを実行し、そのためにチャネルをタイムスロットに配置している。しかし、多重化要素はTDMA以外でもよく、例えば、FDMAやCDMAなどがあり、それに合わせたスロットが用意される。この変形例によって、SDMAをさまざまな多重接続技術と組み合わせることができる。つまり、SDMAと組み合わせることによって、より多数の端末装置26を接続できればよい。

#### 【0100】

実施の形態1において、受信ウエイトベクトル計算部70は、受信ウエイトベクトル308の推定のために適応アルゴリズムを使用し、受信応答ベクトル計算部200は、受信応答ベクトル402の推定のために相関処理を使用している。しかし、受信ウエイトベクトル計算部70と受信応答ベクトル計算部200でこれら以外の処理が実行されてもよく、例えば、受信ウエイトベクトル計算部70と受信応答ベクトル計算部200において、適応アルゴリズムあるいは相関処理のいずれか一方が実行されてもよい。その際は、受信ウエイトベクトル計算部70と受信応答ベクトル計算部200が一体となってもよい。また、受信ウエイトベクトル計算部70や受信応答ベクトル計算部200において、適応アルゴリズムや相関処理とは異なるMUSIC (Multi-Ple Signal Class Siftication) アルゴリズムなどの到来方向推定が実行されてもよい。この変形例によって、より詳細に希望波と不要波が識別される。つまり、アダプティブアレイアンテナについての信号処理において、複数の受信信号を分離可能な値が推定されればよい。

#### 【0101】

実施の形態3と4において、制御部20は、アダプティブアレイアンテナによる空間の分割が十分でない場合に、ひとつのチャネルを複数の端末装置に順番に割当てている。しかし、上記の場合において、複数の端末装置に対するチャネルの割当てはこれ以外のものであってもよく、例えば、ひとつのタイムスロットをさらに時分割して、複数の端末装置を割当てたチャネルをそれぞれ配置してもよい。つまり、干渉によるデータ伝送品質の劣化が抑制できればよい。

#### 【0102】

実施の形態3と4において、制御部20は、端末装置26に対してSDMAによるチャネルの割当てを調査してから、割当てられない場合に、ひとつのチャネルを複数の端末装置26に順番に割当てたパケット通信を行っている。しかし、これらの切替はほかの方法でもよく、例えば、最初に複数の端末装置26間の相関値を計算し、そこで多重接続技術の切替を行ってもよい。つまり、結果としてSDMAとそれ以外の多重接続技術が使用されればよい。

#### 【0103】

実施の形態5において、空間を分割したチャネルは、さらにFDMAによって多重化されている。しかしこれに限らず例えば、実施の形態1から4と同様に、TDMAによって多重化されてもよい。またCSMAによって多重化されてもよい。本変形例によれば、M

10

20

30

40

50

IMOをさまざまな多重接続技術と組み合わせることができる。つまり、MIMOと組み合わせることによって、より多数のチャネルを割り当てできればよい。

【図面の簡単な説明】

【0104】

【図1】実施の形態1に係る通信システムを示す構成図である。

【図2】実施の形態1に係るバーストフォーマットを示す図である。

【図3】実施の形態1に係るチャネル配置を示す図である。

【図4】図1の第1無線部の構成を示す図である。

【図5】図1の第1無線部の構成を示す図である。

【図6】図1の第1無線部の構成を示す図である。

【図7】図1の第1信号処理部の構成を示す図である。

【図8】図7の立上がり検出部の構成を示す図である。

【図9】図7の立上がり検出部の構成を示す図である。

【図10】図7の受信ウエイトベクトル計算部の構成を示す図である。

【図11】図7の受信応答ベクトル計算部の構成を示す図である。

【図12】図1の制御部の構成を示す図である。

【図13】実施の形態1に係るチャネル配置の手順を示す図である。

【図14】図14(a) - (b)は、図13のチャネル配置を示す図である。

【図15】実施の形態2に係るチャネル配置の手順を示す図である。

【図16】図16(a) - (b)は、図15のチャネル配置を示す図である。

【図17】実施の形態3に係るチャネル配置の手順を示す図である。

【図18】図18(a) - (b)は、図17のチャネル配置を示す図である。

【図19】実施の形態4に係るチャネル配置の手順を示す図である。

【図20】実施の形態5に係るチャネル配置を示す図である。

【図21】実施の形態5に係るチャネル配置の手順を示すフローチャートである。

【図22】実施の形態5に係るチャネル配置の手順を示すフローチャートである。

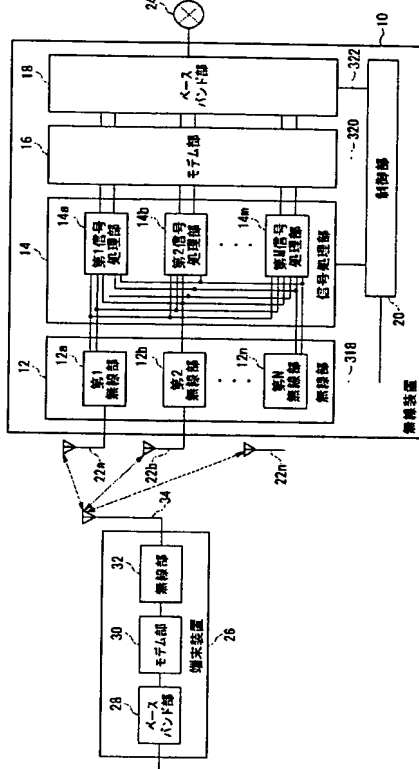
【図23】実施の形態5に係るチャネル配置の手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

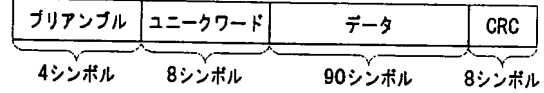
【0105】

10 無線装置、 12 無線部、 14 信号処理部、 16 モデム部、 18 30  
 ベースバンド部、 20 制御部、 22 アンテナ、 24 ネットワーク、 26  
 端末装置、 28 ベースバンド部、 30 モデム部、 32 無線部、 34 アン  
 テナ、 66 立上がり検出部、 68 合成部、 70 受信ウエイトベクトル計算部  
 、 72 メモリ部、 74 分離部、 76 送信ウエイトベクトル計算部、 78  
 乗算部、 80 加算部、 200 受信応答ベクトル計算部、 214 相関計算部、  
 216 チャネル配置部、 218 メモリ部、 220 チャネル管理部。

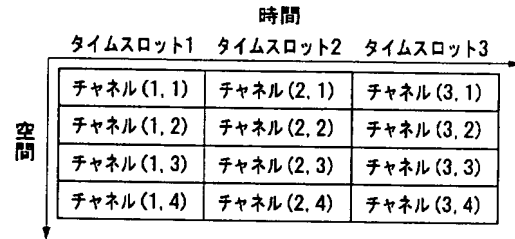
【図1】



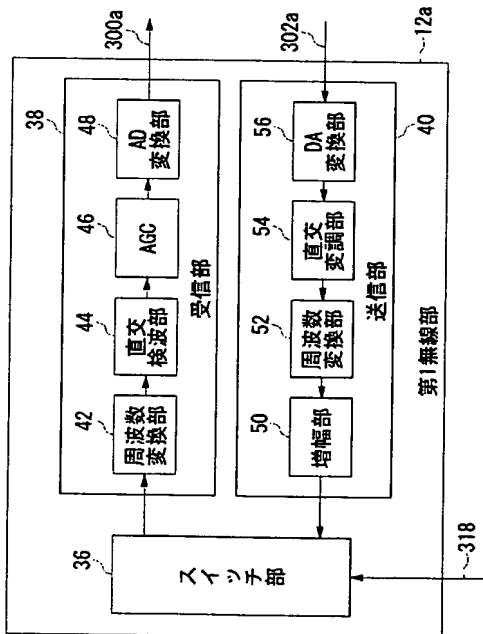
【図2】



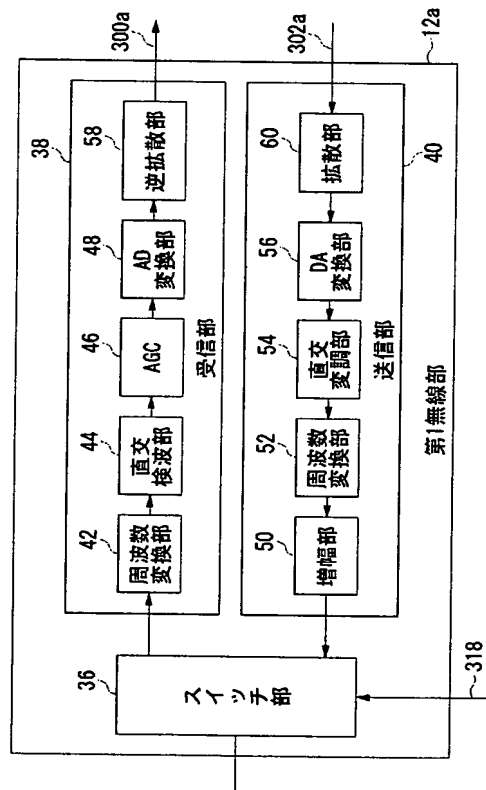
【図3】



【図4】

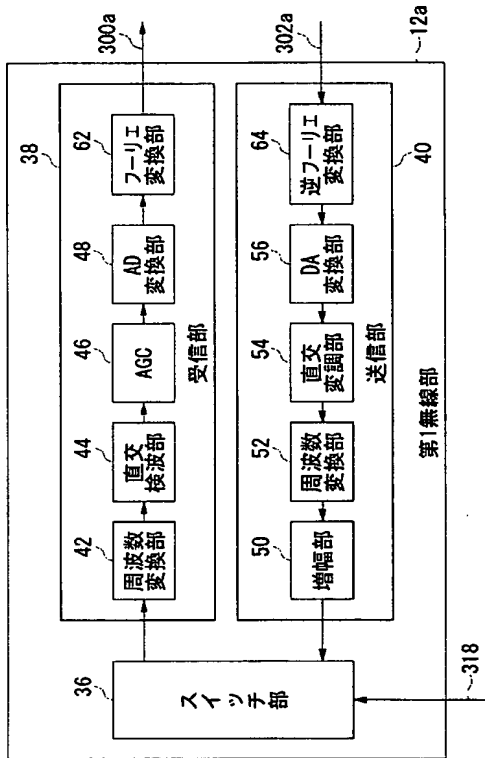


【図5】

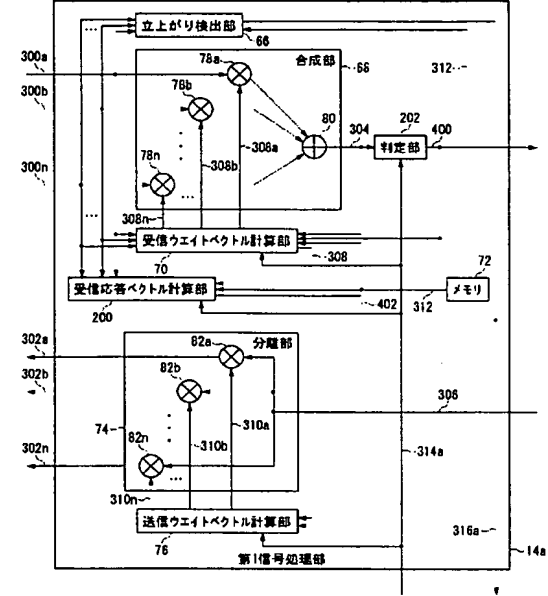




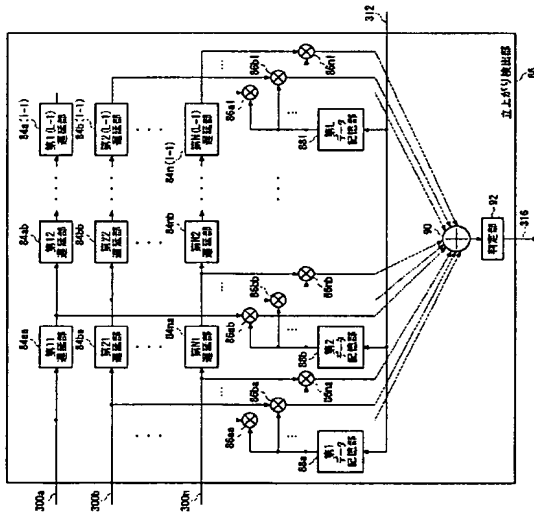
【図 6】



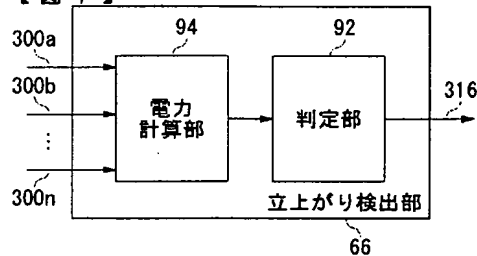
【図 7】



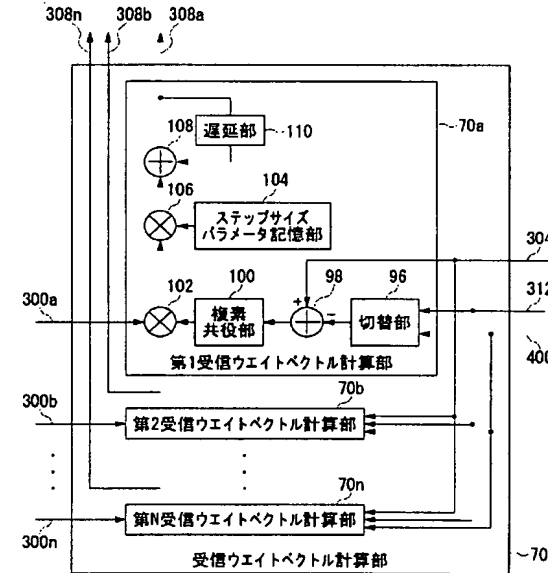
【図 8】



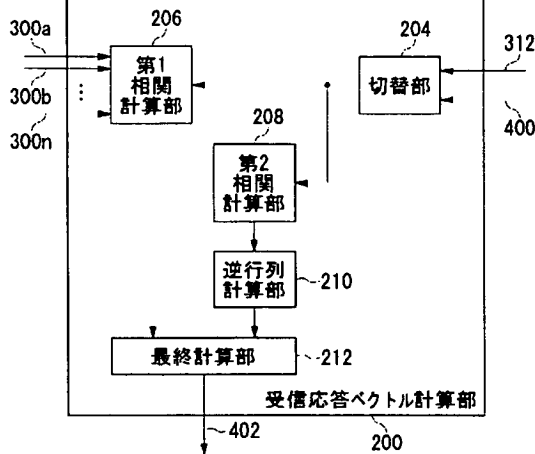
【図 9】



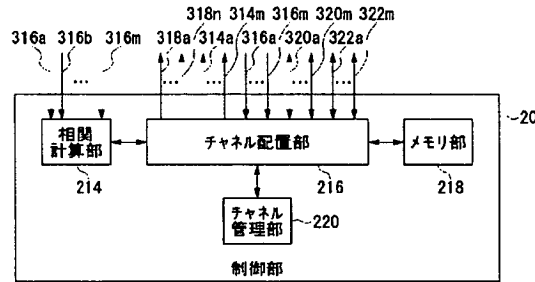
【図 10】



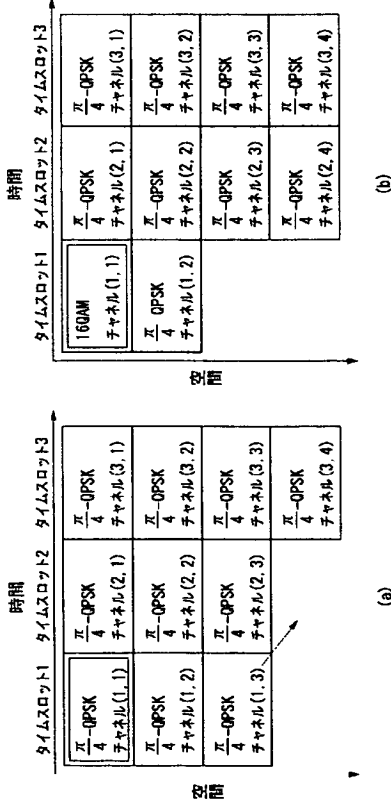
【図 1 1】



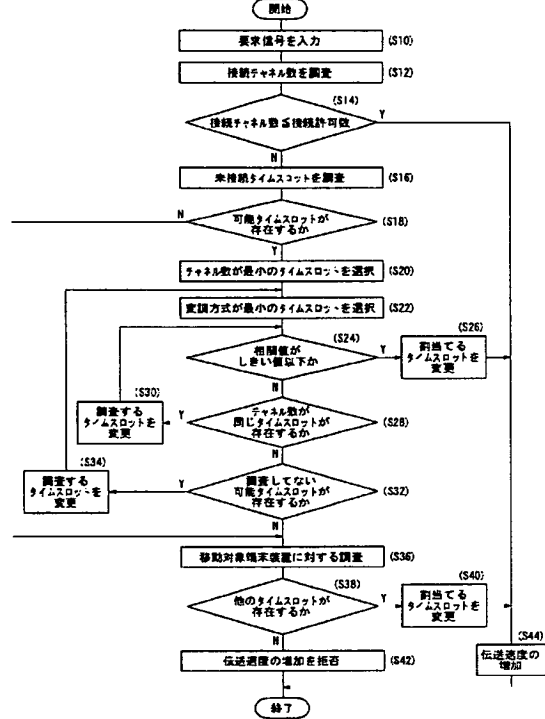
【図 1 2】



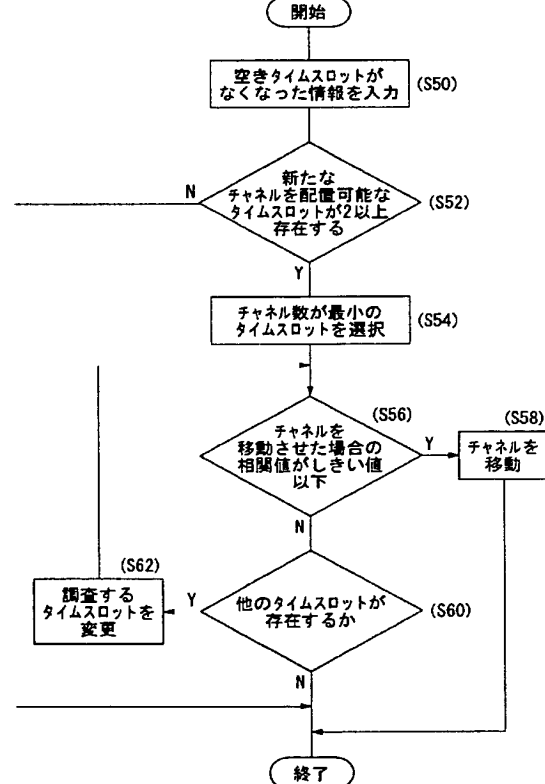
【図 1 4】



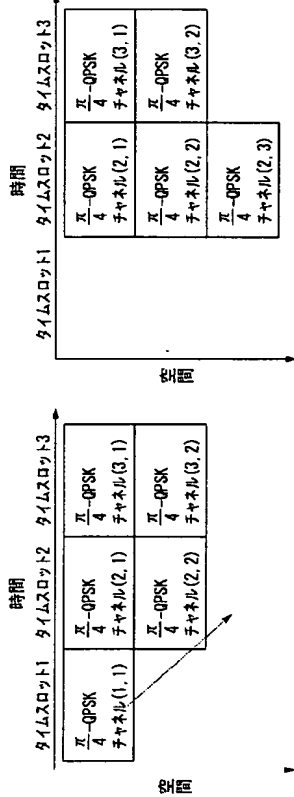
【図 1 3】



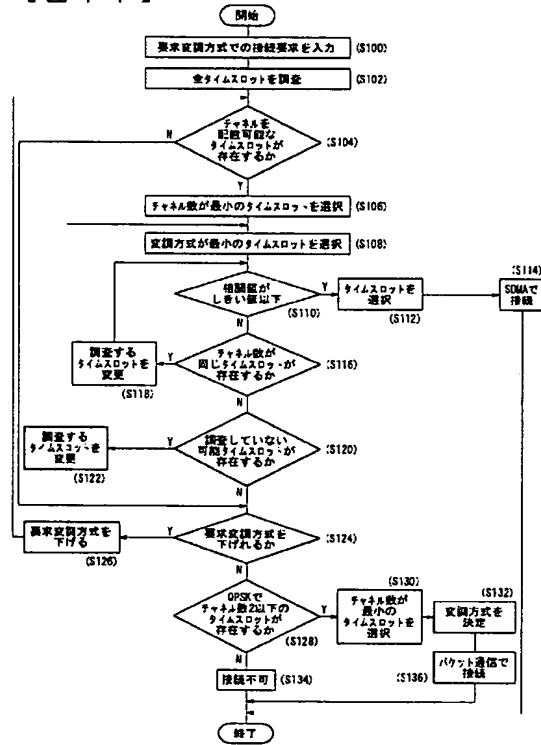
【図 1 5】



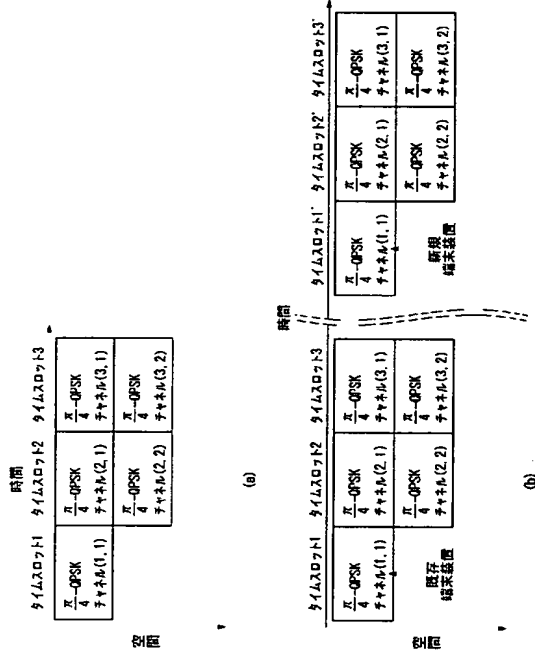
【図 16】



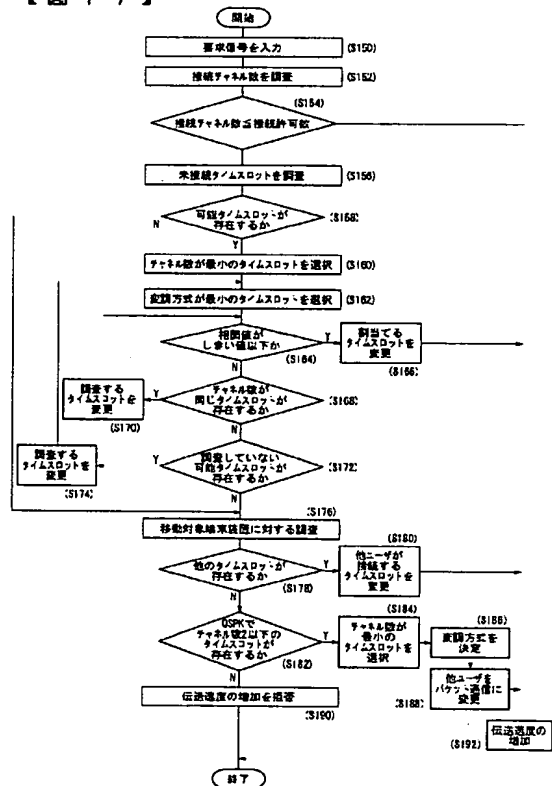
【図 17】



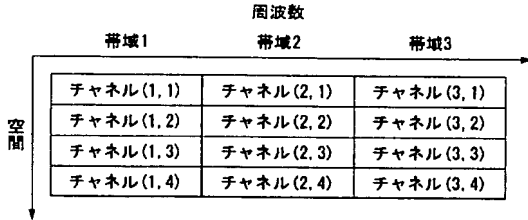
【図 18】



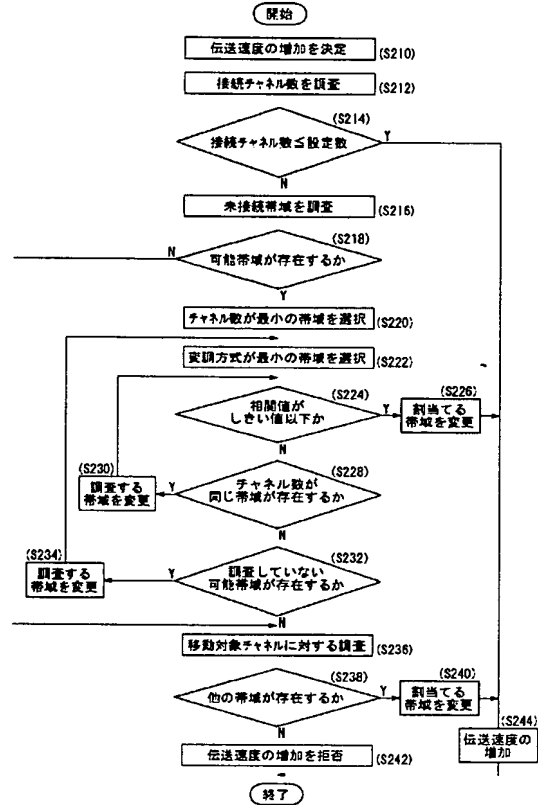
【図 19】



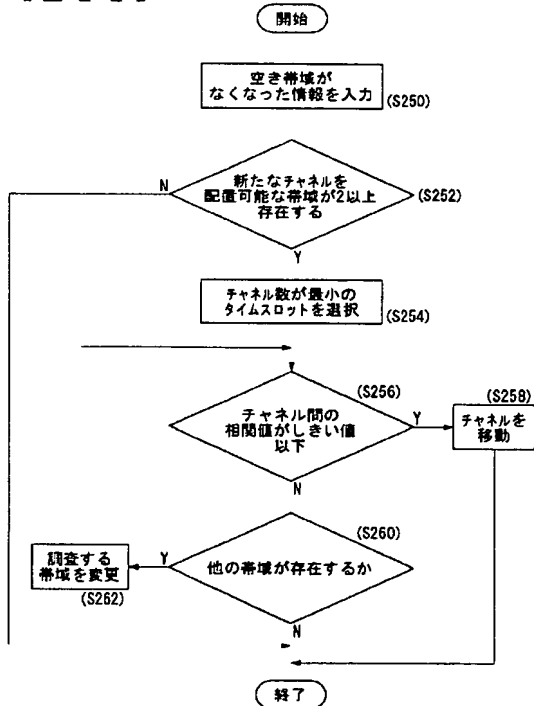
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【図 23】

